Zadanie 6.1. ***(2 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie zjawisk związanych z narzędziami współczesnej fizyki (P I.1.9.a). Posługiwanie się pojęciem potencjału elektrostatycznego (I.1.2.b.6). Opisywanie ruchu cząstki naładowanej w polu elektrostatycznym (I.1.2.b.7).
Korzystanie z informacji.	Uzupełnianie brakujących elementów rysunku (II.2).

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowe zaznaczenie biegunowości oraz prawidłowe uzasadnienie.
1 p. – prawidłowe zaznaczenie biegunowości lub prawidłowe uzasadnienie.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Zaznaczenie: **A** „–”; **B** „+”

Uzasadnienie: ponieważ elektrony mają ładunek ujemny, to są przyspieszane w stronę wyższego potencjału, który oznacza się plusem (lub, że przyspieszają w stronę przeciwną do zwrotu linii sił pola elektrycznego).

Zadanie 6.2. ***(3 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Korzystanie z kwantowego modelu światła (P I.1.5.17). Oblicza wartość pracy wykonanej w polu elektrycznym (I.1.2.b.8).
Tworzenie informacji.	Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3).

Schemat punktowania
3 p. – prawidłowa metoda rozwiązania oraz prawidłowy wynik z uwzględnieniem nierówności.

2 p. – prawidłowe obliczenie napięcia bez uwzględnienia nierówności
lub
– prawidłowa metoda obliczenia napięcia i błąd rachunkowy, ale uwzględnienie nierówności.
1 p. – zapisanie równań, z których wynika związek pomiędzy napięciem a długością fali.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Przyrównujemy pracę siły elektrycznej do przyrostu energii kinetycznej elektronu:

$$eU = E_{kin\,e}$$

Zapisujemy, że cała energia kinetyczna elektronu może być zamieniona w energię jednego fotonu oraz zapisujemy wzór Plancka na energię fotonu:

$$E_{kin\,e} = E_{fot}\,, \qquad E_{fot} = \frac{hc}{\lambda}$$

Łączymy ze sobą powyższe wzory i wyznaczamy napięcie, przy którym długość fali jest krótsza niż λ_{min}:

$$eU \geq \frac{hc}{\lambda_{min}}$$

$$U > \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{J{\cdot}s} \cdot 3 \cdot 10^{8}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{5 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{m} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}} \qquad \rightarrow \qquad U > 24{,}8 \cdot 10^{3}\ \mathrm{V}$$

Zadanie 6.3. ***(1 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie zjawisk związanych z przemianami energii (P I.1.6). Podawanie przykładów przemian energii elektrycznej na inne formy energii (I.1.3.7).
Tworzenie informacji.	Formułowanie i uzasadnianie opinii i wniosków (III.5).

Schemat punktowania
1 p. – prawidłowe wyjaśnienie.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe odpowiedzi
- Część energii elektronów zostaje przekazana atomom elektrody, a następnie wydziela się w postaci ciepła, które oddaje do otoczenia elektroda.
- Część energii elektronów zostaje przekazana atomom elektrody, a następnie zostaje wypromieniowana z rozgrzanej elektrody w postaci promieniowania temperaturowego (o rozkładzie Plancka).
- Część energii elektronów zostaje przekazana atomom elektrody, a następnie może zostać wypromieniowana w postaci promieniowania charakterystycznego materiału elektrody.

Zadanie 6.4. *(3 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Korzystanie z kwantowego modelu światła (P I.1.5.17). Korzystanie z modelu przewodnictwa elektrycznego w metalach (I.1.2.b.10).
Tworzenie informacji.	Stosowanie pojęć i praw fizycznych do rozwiązywania problemów praktycznych (III.2).

Schemat punktowania

3 p. – prawidłowa metoda szacowania liczby fotonów oraz prawidłowy wynik szacowania. (około wynik 10^{16} fotonów).

2 p. – Prawidłowa metoda szacowania liczby fotonów, oraz błąd w obliczeniach
lub
– prawidłowe obliczenie ilości elektronów docierających do anody w ciągu sekundy/przepływających przez anodę w ciągu sekundy oraz brak prawidłowego wyniku szacowania ilości fotonów.

1 p. – skorzystanie z definicji natężenia prądu elektrycznego i obliczenie ładunku przepływającego przez lampę w ciągu sekundy oraz brak prawidłowego wyniku obliczenia ilości elektronów N.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Zapisujemy wzór na natężenie prądu elektrycznego oraz wyrażamy ładunek elektryczny przepływający przez lampę poprzez ładunek elementarny e i liczbę elektronów N:

$$I = \frac{Q}{\Delta t}, \qquad Q = Ne$$

Obliczamy ilość elektronów przepływających w ciągu sekundy przez lampę/docierających do anody w ciągu sekundy:

$$N = \frac{I\Delta t}{e}, \qquad N = \frac{0{,}1\ \text{A} \cdot 1\ \text{s}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \text{C}} = 0{,}0625 \cdot 10^{19} = 0{,}625 \cdot 10^{18}$$

Uwzględniamy fakt, że 1,5% z docierających do anody elektronów powoduje powstanie wysokoenergetycznego promieniowania rentgenowskiego i na podstawie tego szacujemy n – liczbę wysokoenergetycznych fotonów:

$$n = 1{,}5 \cdot 10^{-2} \cdot N \ \rightarrow \ n = 1{,}5 \cdot 10^{-2} \cdot 0{,}625 \cdot 10^{18} = 0{,}94 \cdot 10^{16}$$